

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Институт Радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

Лабораторная работа №3

«Исследование коррелятора АП СРНС ГЛОНАСС с помощью имитационной модели»

Студент: Казанцев К.О.

Группа: ЭР-15-16

Преподаватель: Корогодин И.В.

Москва, 2020 г.

Цель работы

Исследовать структуру и свойства функциональных элементов корреляторов АП СРНС;

Исследовать характеристики процессов, происходящих в корреляторах АП СРНС;

Ознакомиться с ИКД ГЛОНАСС.

Домашняя подготовка

Выражения для статических эквивалентов выходных отсчетов коррелятора:

$$I_k = M[I_k] + n_{I,k}, \quad Q_k = M[Q_k] + n_{Q,k}, \quad n_{I,k}, n_{Q,k} \sim N(0, \sigma_{IQ}^2),$$

$$D[I_k] = D[Q_k] = \sigma_{IQ}^2 = \sigma_n^2 L/2, \quad D[I_k Q_k] = M[n_{I,k} \cdot n_{Q,k}] = 0$$

$$M[I_k] \approx \bar{I}_k = \frac{A_k L}{2} \rho(\delta\tau_k) \operatorname{sinc}\left(\frac{\delta\omega_k T}{2}\right) O_k D_k \cos\left(\frac{\delta\omega_k T}{2} + \delta\varphi_k\right),$$

$$M[Q_k] \approx \bar{Q}_k = -\frac{A_k L}{2} \rho(\delta\tau_k) \operatorname{sinc}\left(\frac{\delta\omega_k T}{2}\right) O_k D_k \sin\left(\frac{\delta\omega_k T}{2} + \delta\varphi_k\right).$$

$$A_{IQ}(\delta\tau_k, \delta\omega_k) = \frac{A_k L}{2} |\rho(\delta\tau_k) \operatorname{sinc}(\delta\omega_k T/2)|.$$

Лабораторное исследование

1. Отключить шум приемного устройства. В качестве значения полосы фронтенда выбрать «Бесконечность». Квантование принимаемой реализации и опорного сигнала отключить. Расстройку опорного сигнала по частоте установить нулевой. На основании ИКД установить параметры схемы формирования ДК. Перенести схему в отчет. Занести в отчет вычисленные корреляционные функции. Определить промежуточную частоту сигнала, полосу сигнала.

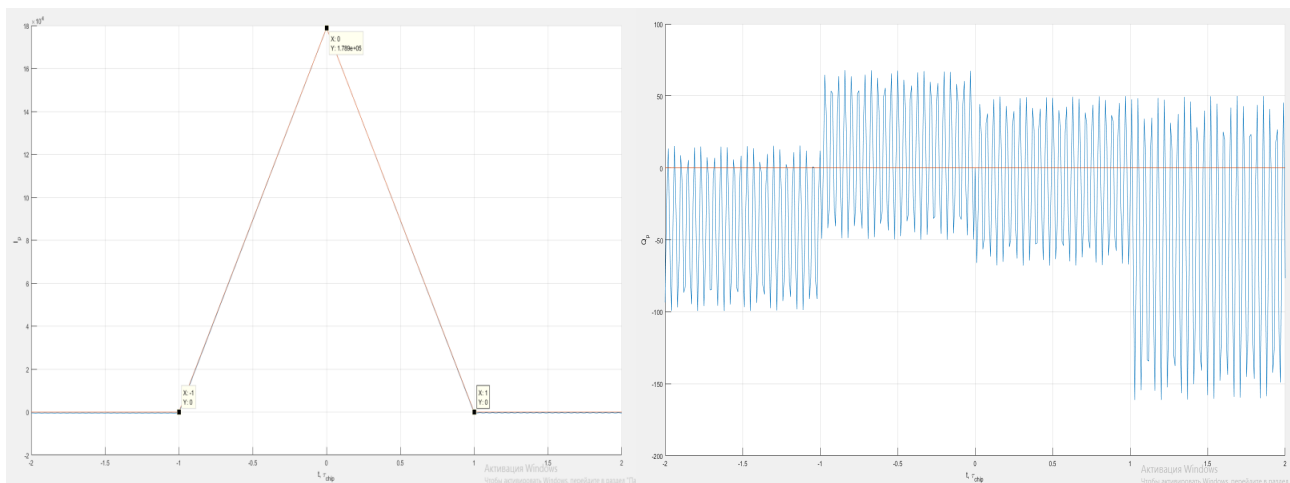


Рисунок 3 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

2. Установить полосу фроненда равной 6 МГц, 1 МГц. Перенести корреляционные функции в отчет. Оценить групповое время запаздывания

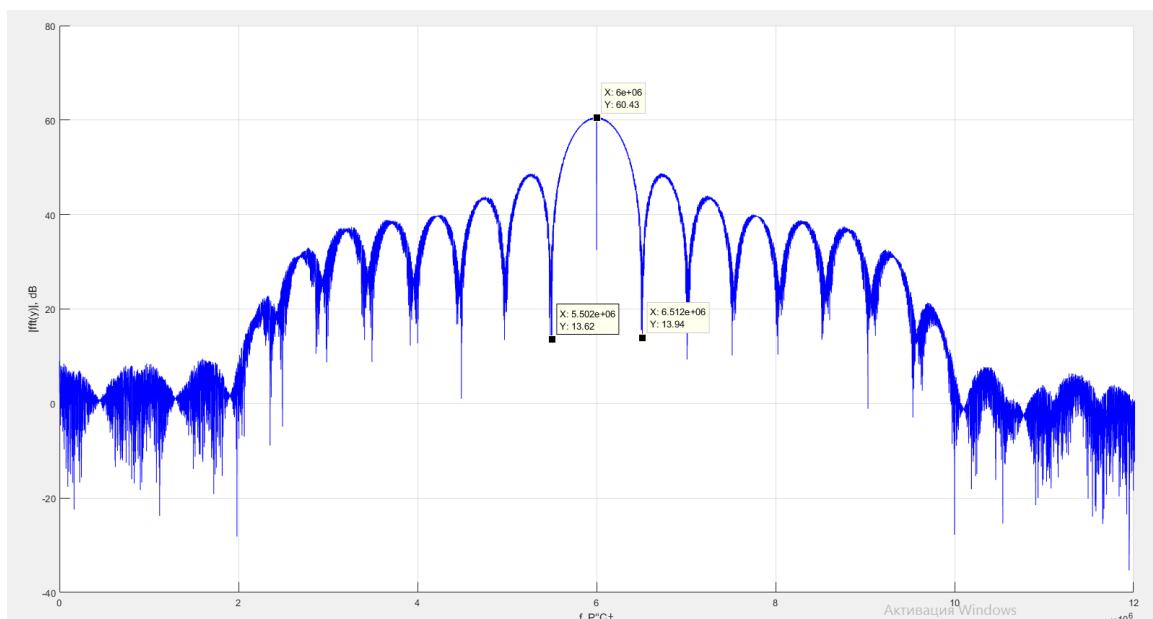


Рисунок 4 – График спектра радиосигнала для полосы 6 МГц

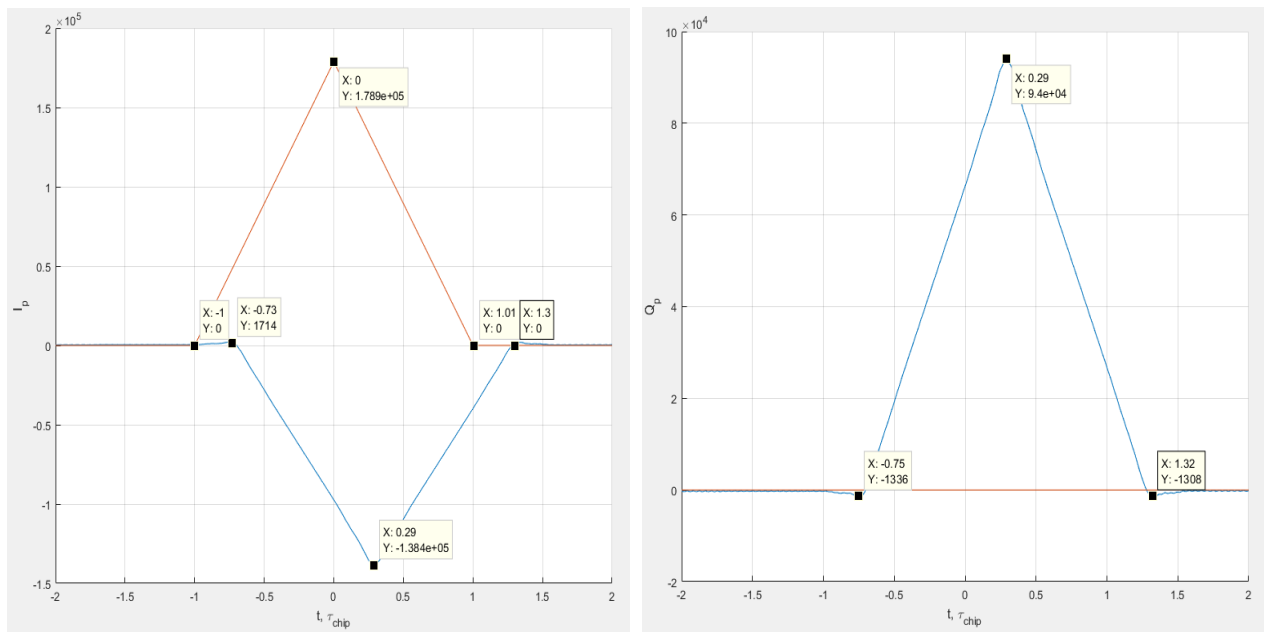


Рисунок 5 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

Групповое время запаздывания для полосы фронтенда, равной 6 МГц, составляет 0,29 мкс.

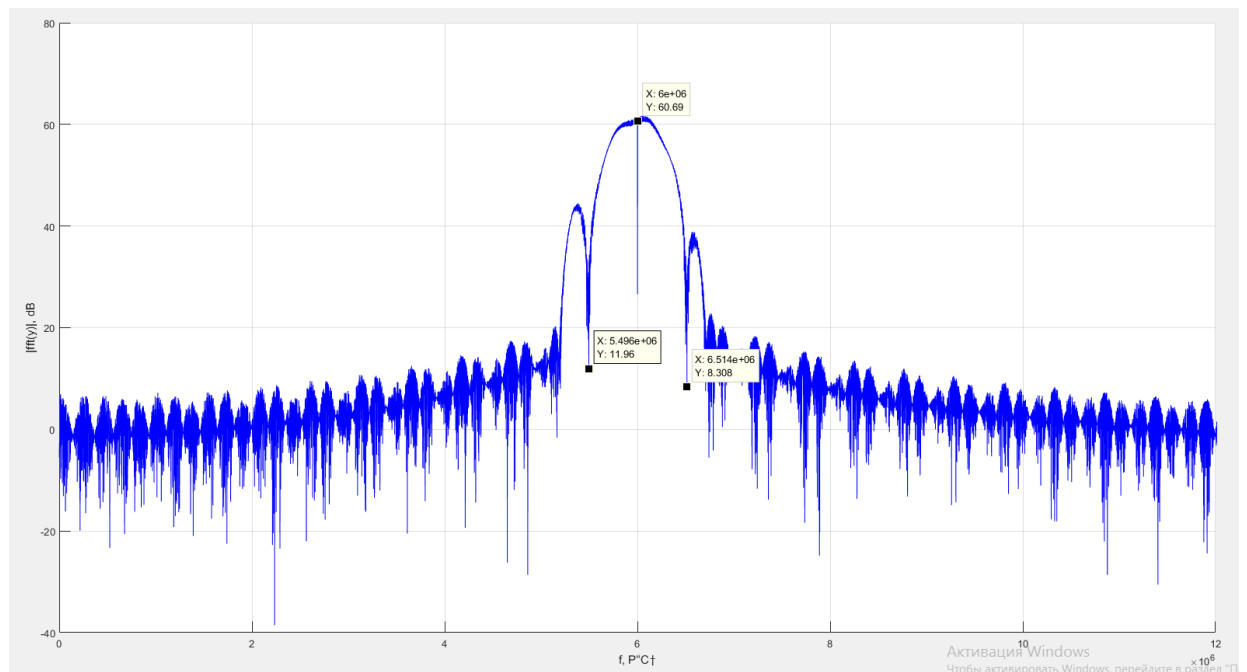


Рисунок 6 – График спектра радиосигнала для полосы 1 МГц

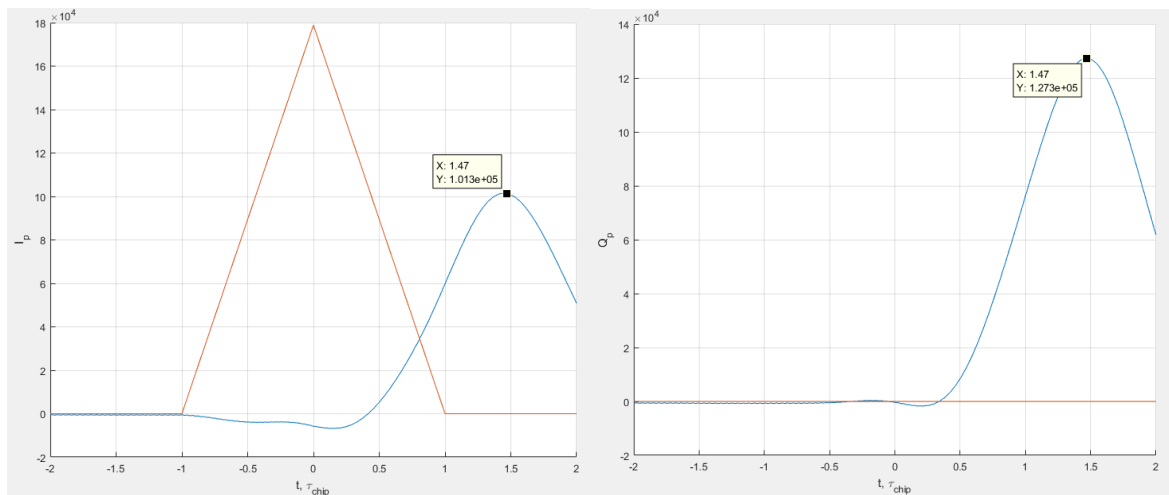


Рисунок 7 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

Выводы: Групповое время запаздывания для полосы фронтенда, равной 1 МГц, составляет 1,47 мкс. Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что сужение полосы фронтенда ведет к увеличению группового времени запаздывания, уменьшению уровня боковых лепестков спектра сигнала и, следовательно, увеличению отношения мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума.

3. В качестве значения полосы фронтенда выбрать «6 МГц». Перенести в отчет наглядный отрезок сигнала. Включить шум. Сравнить квадрат СКО шума (считая размах за 3 СКО) и мощность сигнала. Определить отношение мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума: $q_{c/n0} = \frac{P_s}{N_0}$ (привести к размерности дБГц). Перенести в отчет отрезок реализации сигнала в смеси с шумом, корреляционные функции.

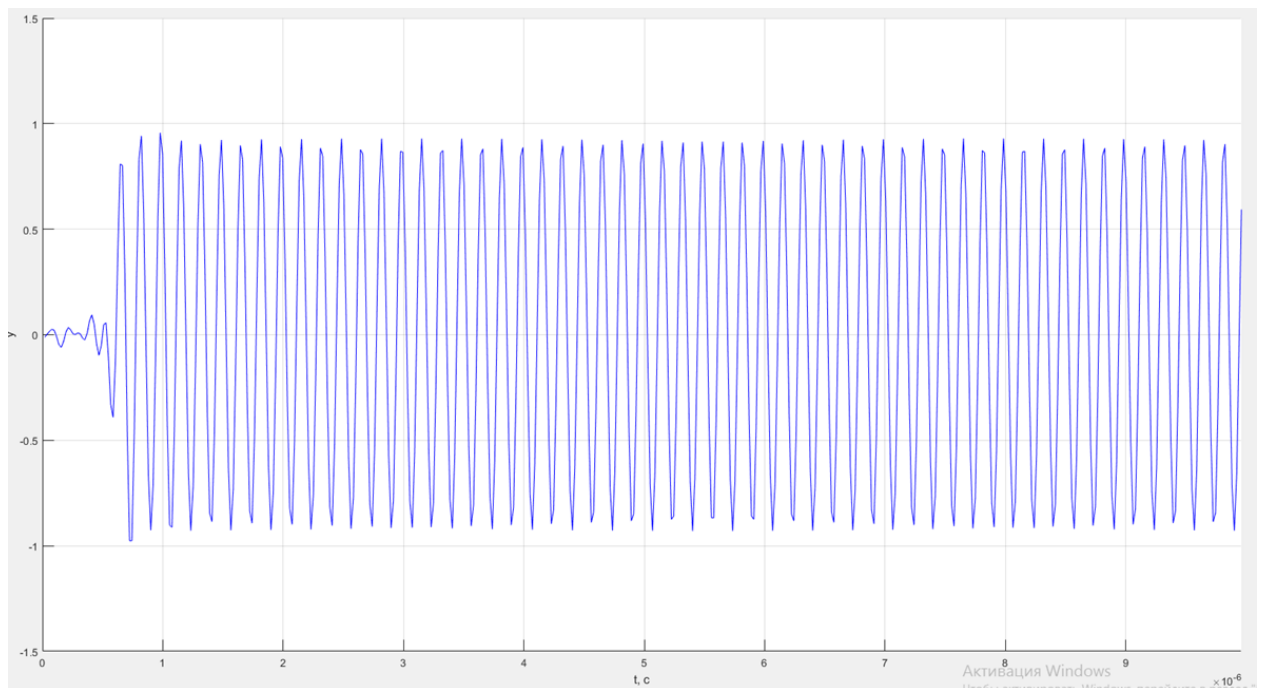


Рисунок 8 – Наглядный отрезок реализации сигнала в интервале от 0 до 10

мкс

Рассчитаем мощность сигнала:

$$P_s = \frac{A_s^2}{2} \approx \frac{0,9^2}{2} = 0,4 \text{ Вт}$$

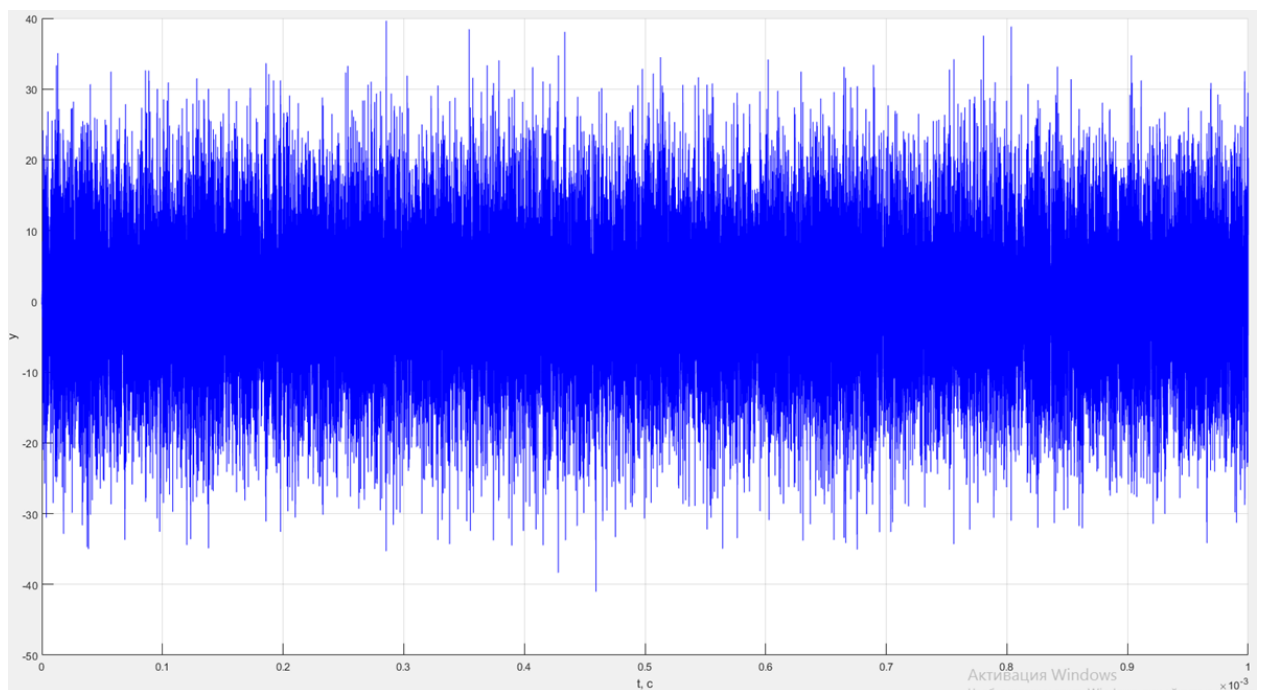


Рисунок 9 – Реализация шума

Определим одностороннюю спектральную плотность шума:

$$6\sigma_n \approx 60 \rightarrow \sigma_n \approx 10 \text{ В} - \text{СКО шума}$$

$$D_n = \sigma_n^2 = 100 B^2 \text{ – дисперсия шума}$$

$$T_d = \frac{1}{F_d} = \frac{1}{51,1 \times 10^6} = 19,569 \times 10^{-9} = 19,569 \text{ нс – период дискретизации}$$

$$D_n = \frac{N_0}{2 T_d} \rightarrow N_0 = 2 D_n T_d = 2 \cdot 100 \cdot 19,569 \times 10^{-9} = 3,914 \times 10^{-6} \frac{B^2}{Гц}$$

$$q_{c/n0} = \frac{P_s}{N_0} = \frac{0,4}{3,914 \times 10^{-6}} = 1,022 \times 10^5$$

$$q_{c/n0 \text{ дБ}} = 10 \log q_{c/n0} = 10 \log 1,022 \times 10^5 = 50,094 \text{ дБГц}$$

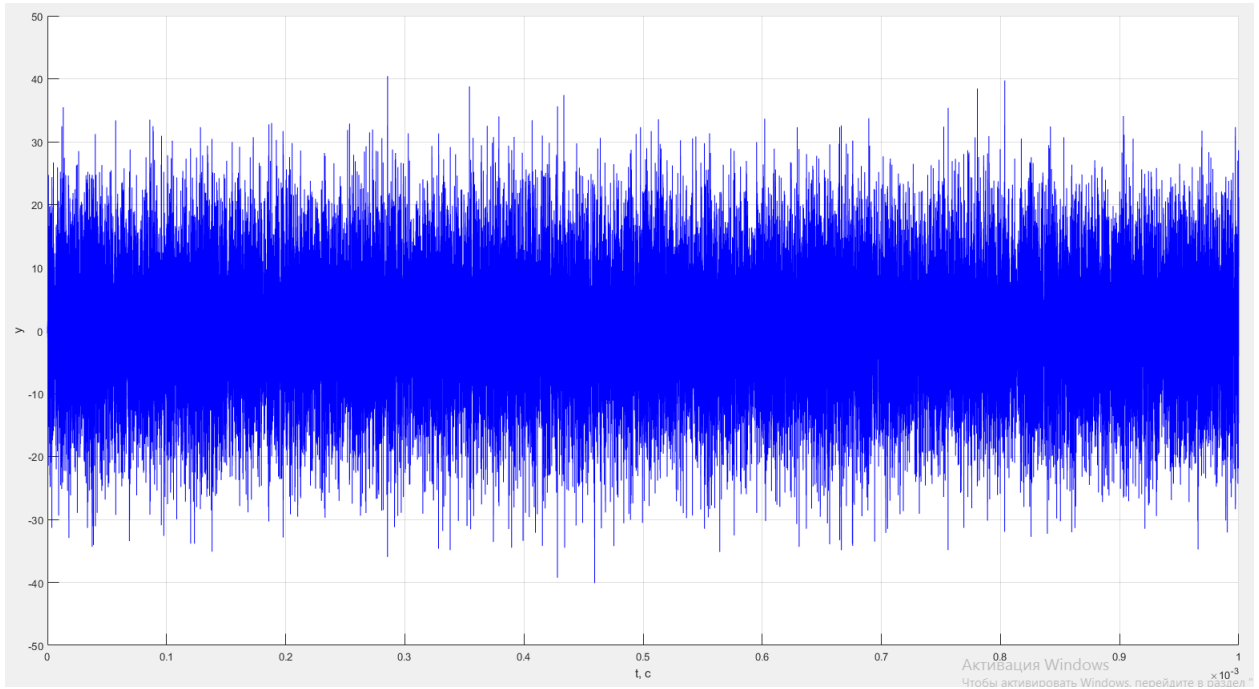


Рисунок 10 – Реализация сигнала и шума

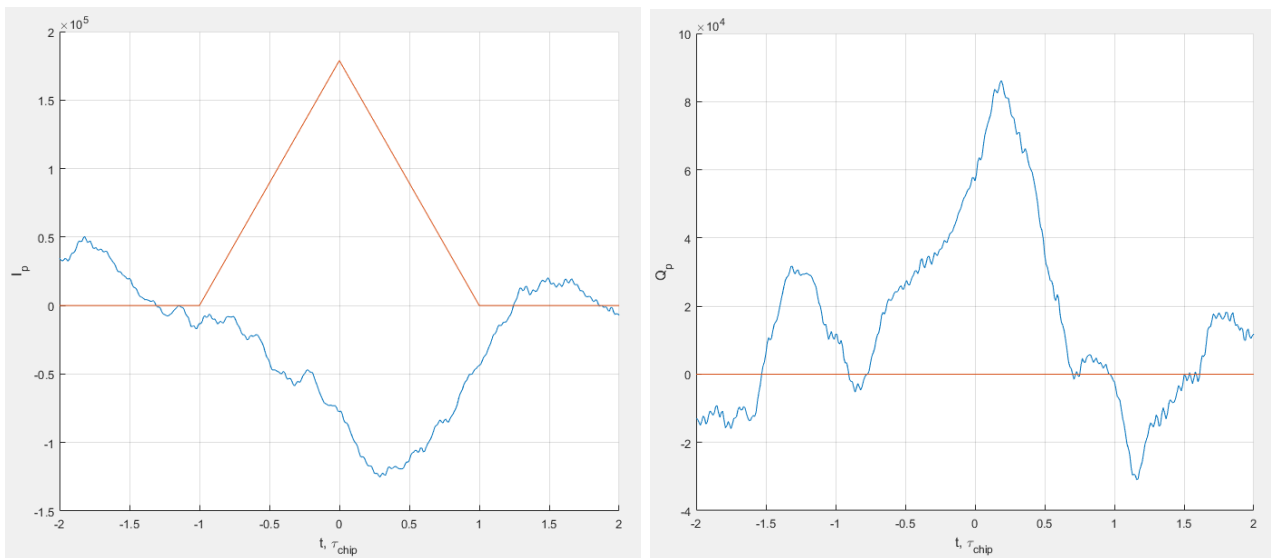


Рисунок 11 – Графики вычисленных корреляционных сумм как функции разности задержек дальномерных кодов сигнала и опорных колебаний

4. Наблюдать за изменением шумовой составляющей корреляционных функций при изменении полосы фроненда. Исследовать зависимость мощности шумовой составляющей корреляционных компонент от полосы фроненда, сделать соответствующие записи в отчете.

Полоса фроненда бесконечная

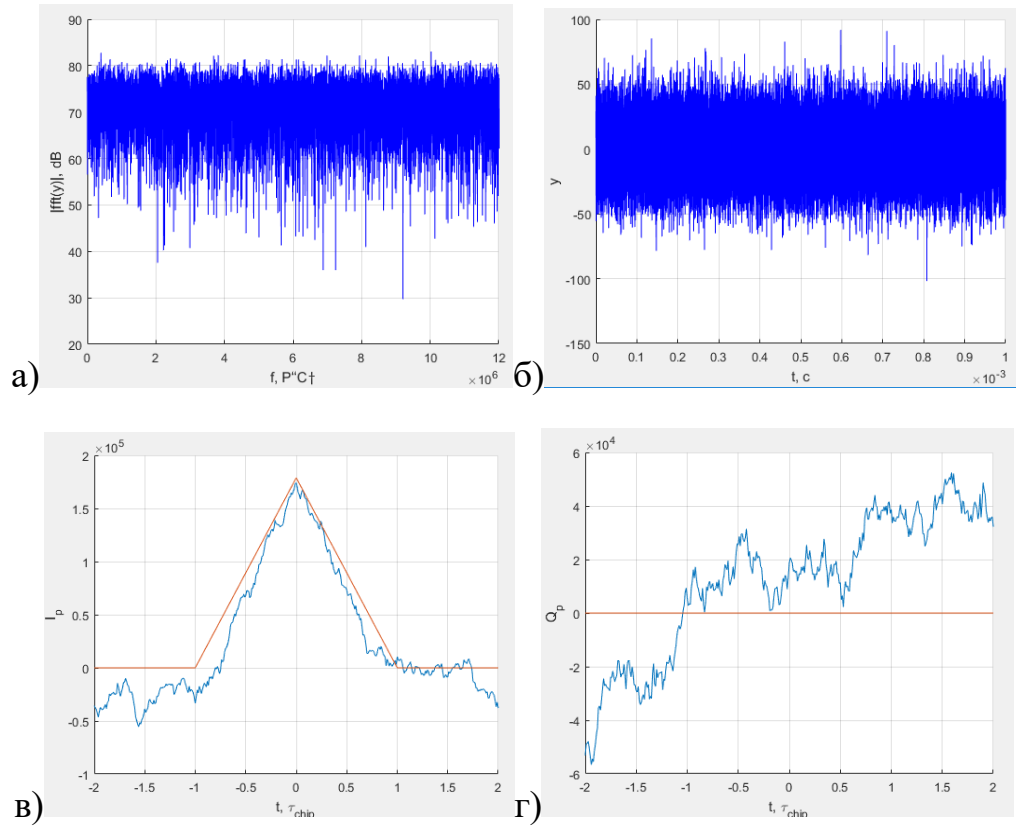
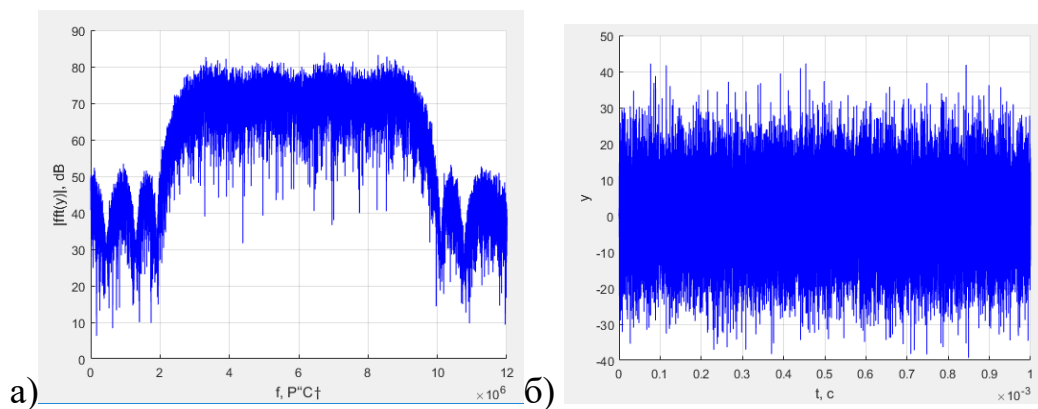


Рисунок 12 – а) спектр б) реализация сигнала и шума в) синфазная корреляционная сумма г) квадратурная корреляционная сумма

Полоса фроненда 6 МГц



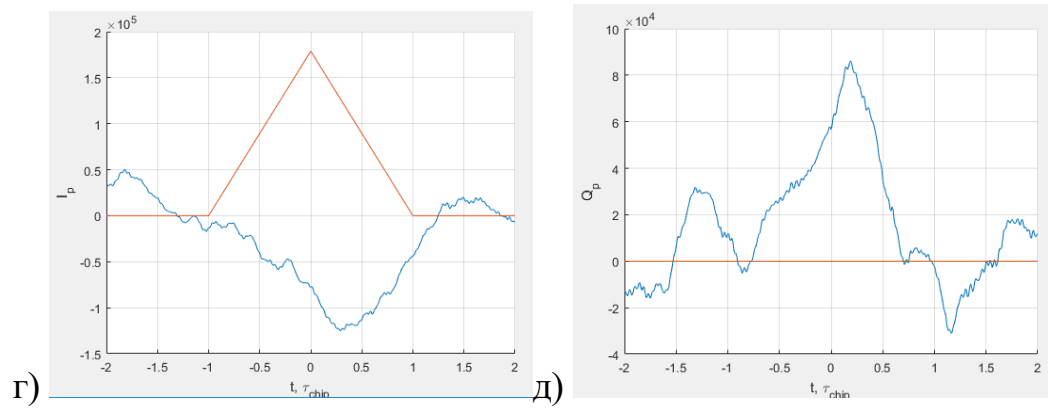


Рисунок 13 –а) спектр б) реализация сигнала и шума в)синфазная корреляционная сумма г) квадратурная корреляционная сумма

Полоса фронтенда 1 МГц

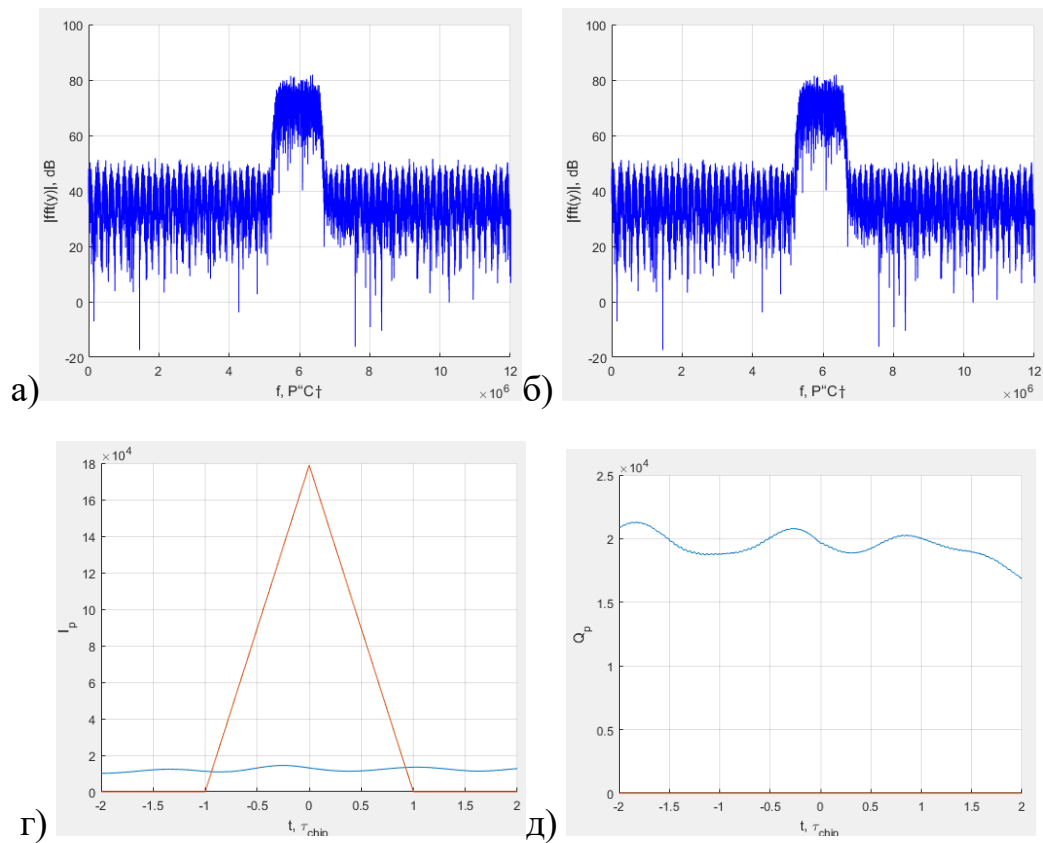


Рисунок 14 –а) спектр б) реализация сигнала и шума в)синфазная корреляционная сумма г) квадратурная корреляционная сумма

Вывод: из полученных наблюдений можно сделать вывод о том, что сужение полосы фронтенда ведет к уменьшению уровня боковых лепестков спектра сигнала и, следовательно, увеличению отношения мощности сигнала к односторонней спектральной плотности шума.

5. Включить шум. Исследовать влияние квантования входных отсчетов и опорных сигналов на корреляционные суммы.

Полоса фронтенда бесконечная

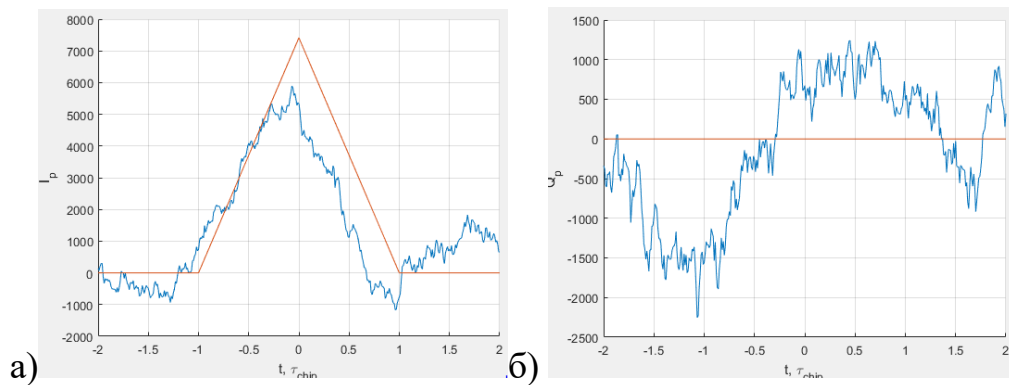


Рисунок 15 – а) синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

Полоса фронтенда = 6 МГц

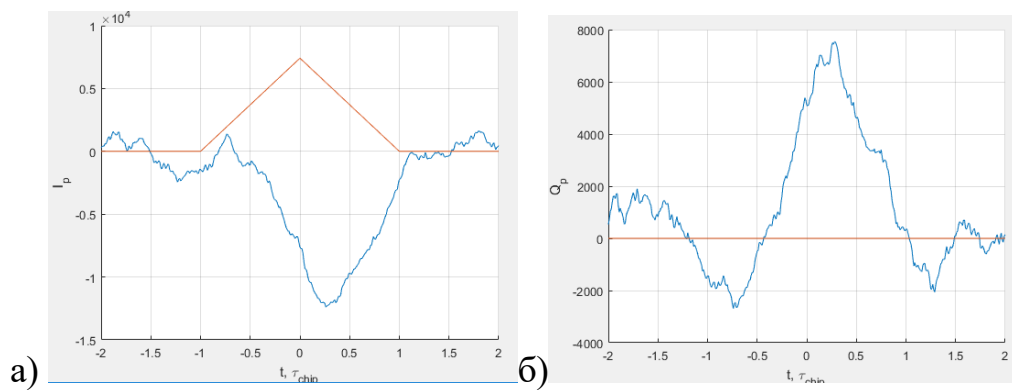


Рисунок 16 – а) синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

Полоса фронтенда = 1 МГц

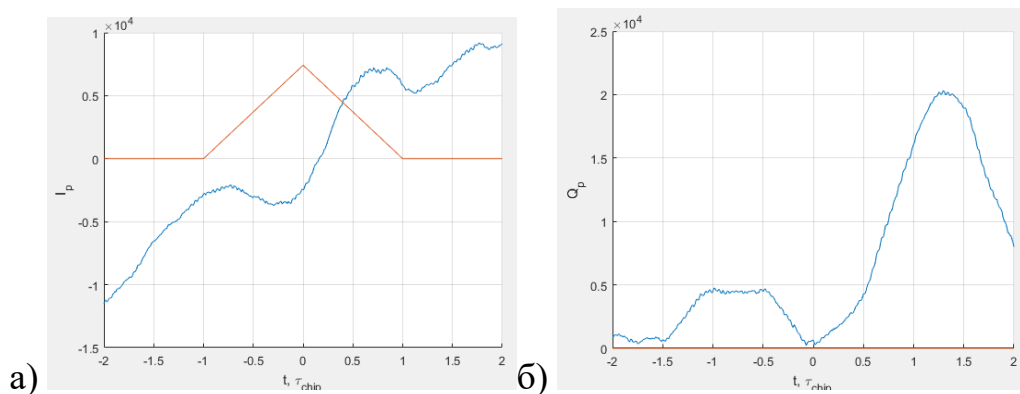


Рисунок 17 – а) синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

6. Включить узкополосную помеху, исследовать её влияние на корреляционные суммы. Определить отношение мощности помехи к мощности сигнала.

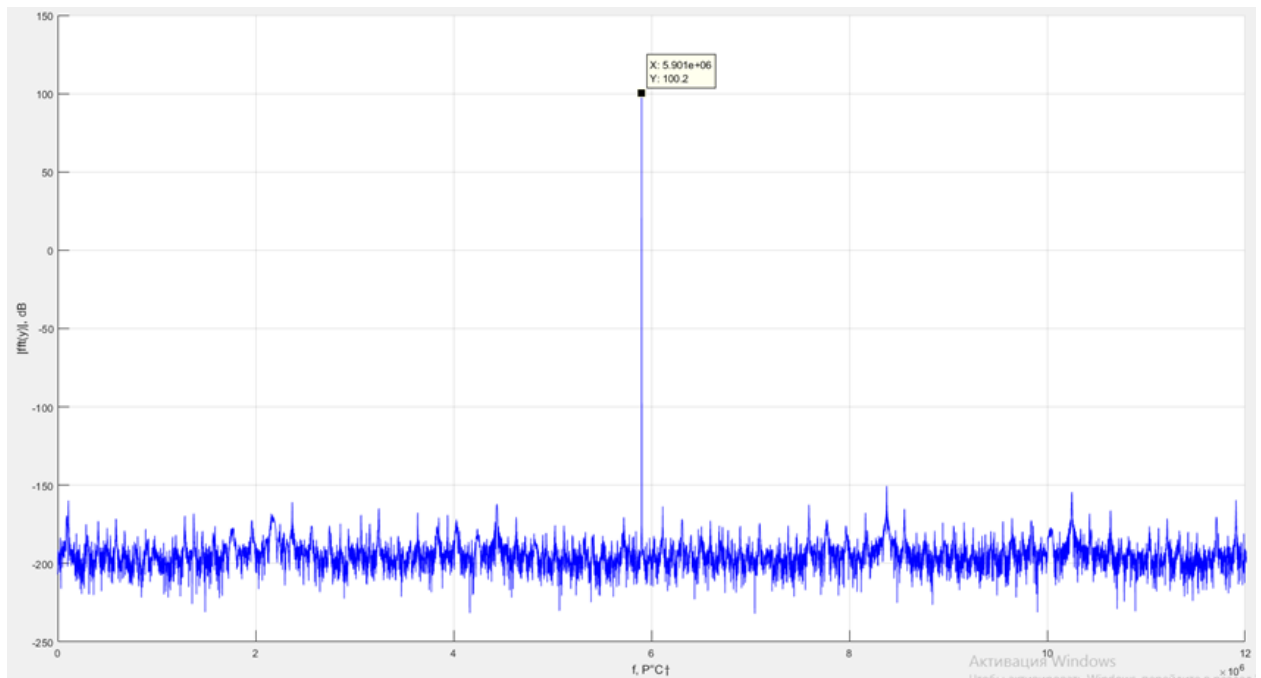


Рисунок 18 – График спектра узкополосной помехи, полоса фронтенда – бесконечная

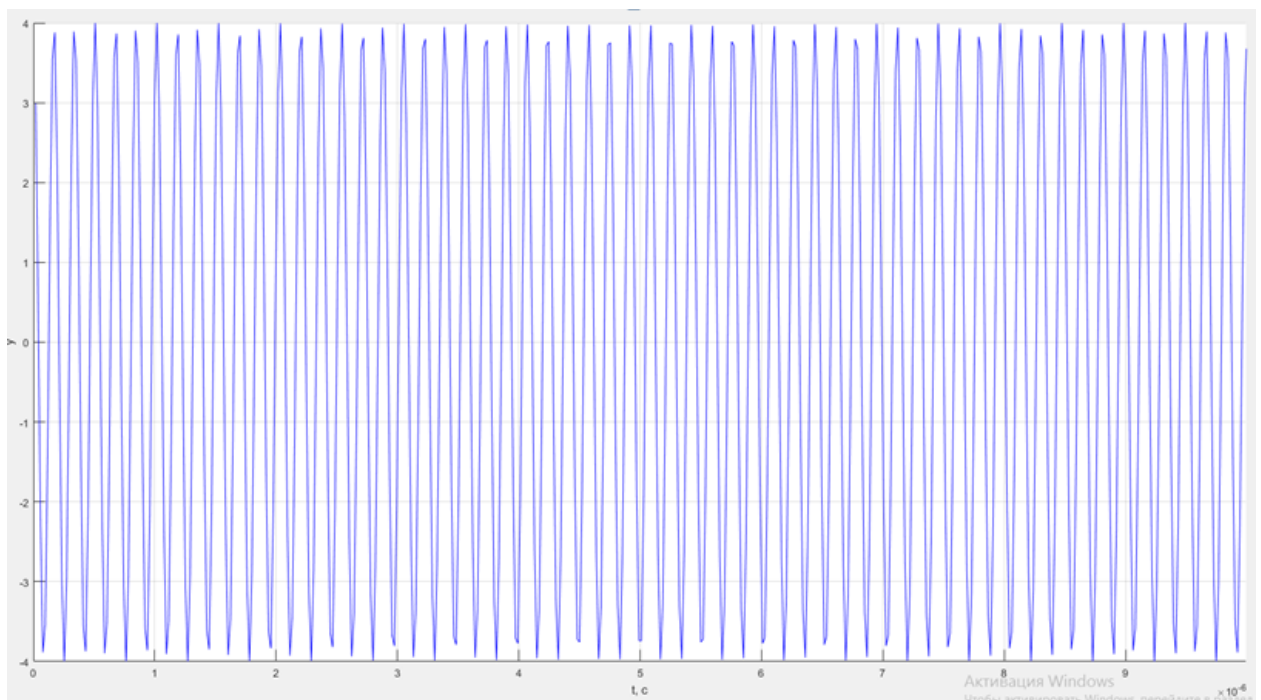


Рисунок 19 – Реализация узкополосной помехи

Мощность сигнала была рассчитана ранее и составляет:
 $P_s = 0,4 \text{ Вт}$

Мощность помехи:

$$P_n = \frac{A_n^2}{2} \approx \frac{3,9^2}{2} = 7,6 \text{ Вт}$$

Отношение мощности помехи к мощности сигнала:

$$\frac{P_n}{P_s} = \frac{7,6}{0,4} = 19$$

Таким образом, мощность помехи в 19 раз больше мощности полезного сигнала.

Исследуем влияния узкополосной помехи на корреляционные суммы.

Полоса фронтеда бесконечная

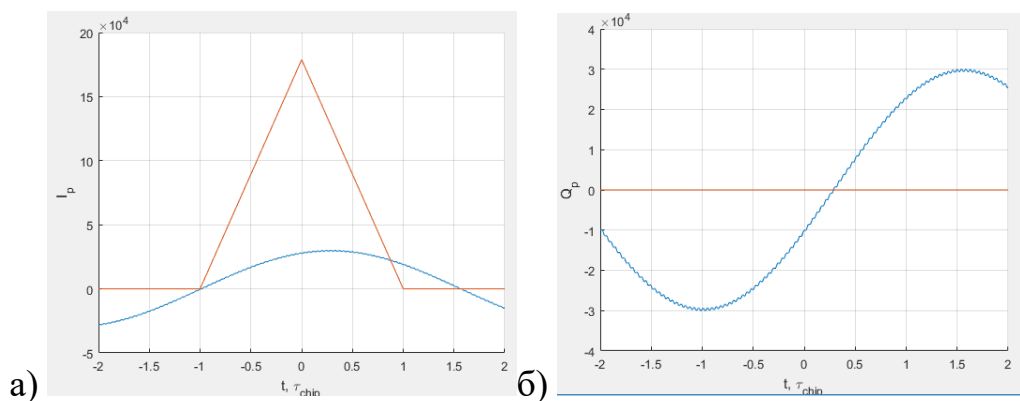


Рисунок 20 – а)синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

Полоса фронтеда = 6 МГц

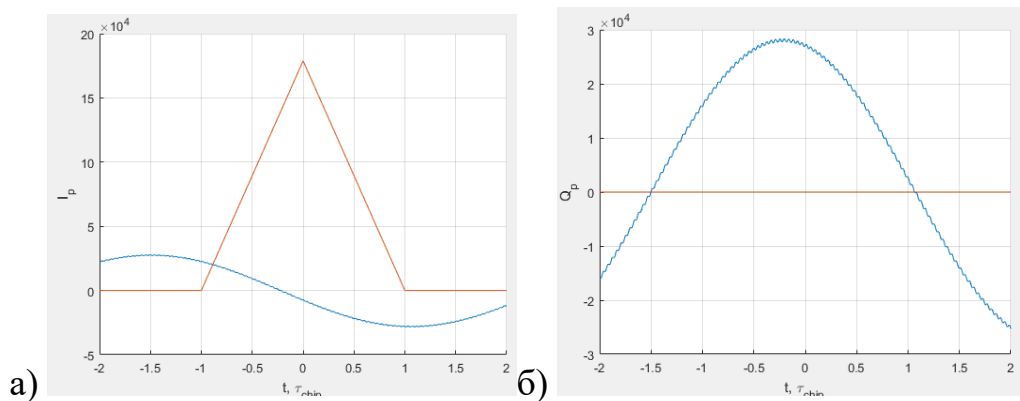


Рисунок 21 – а)синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

Полоса фронтенда = 1 МГц

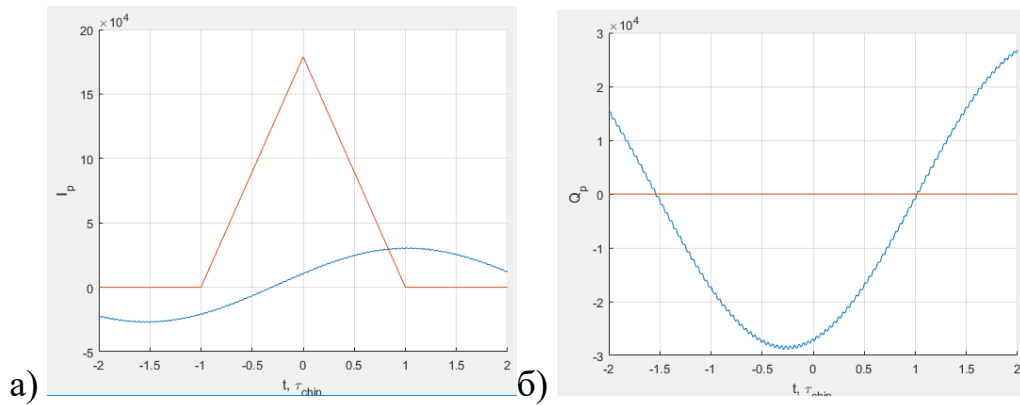


Рисунок 22 – а) синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

Исследуем влияния сигнала и узкополосной помехи на корреляционные суммы.

Полоса фронтенда бесконечная

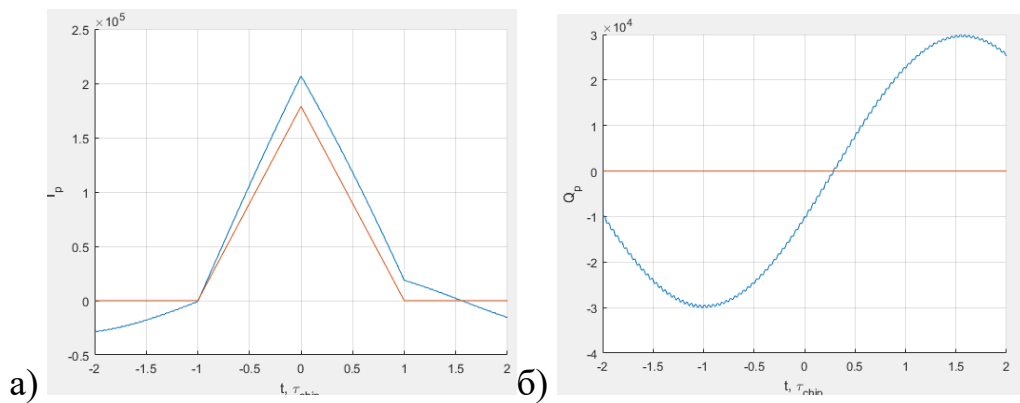


Рисунок 23 – а) синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

Полоса фронтенда = 6 МГц

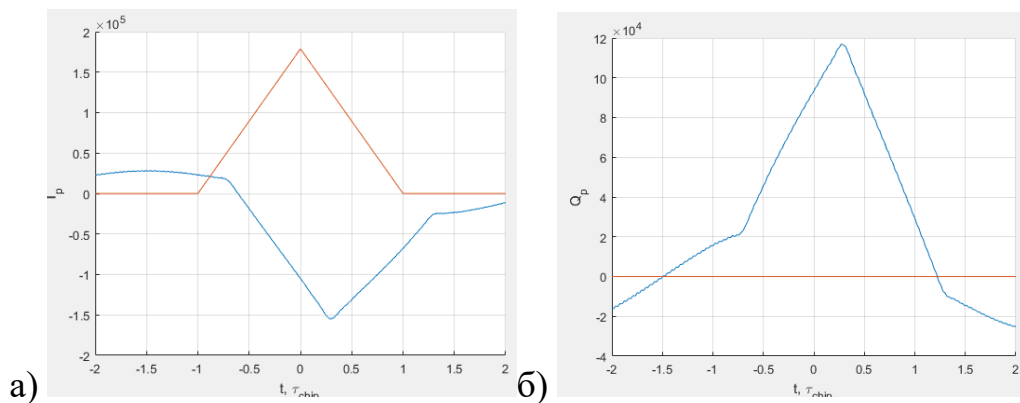


Рисунок 24 – а) синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

Полоса фронтеда = 1 МГц

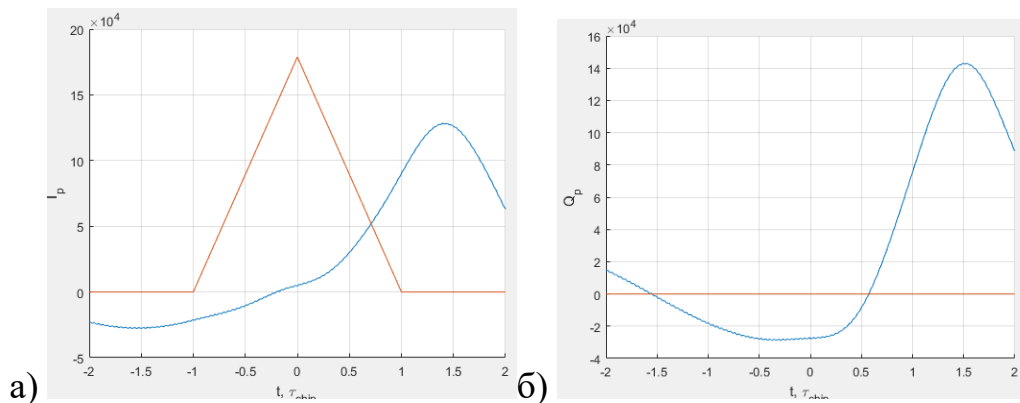


Рисунок 25 – а) синфазная корреляционная сумма б) квадратурная корреляционная сумма

7. Установить нулевую ошибку по частоте. В отсутствии узкополосной помехи при наличии шума приемника провести исследование процессов в пошаговой модели коррелятора.

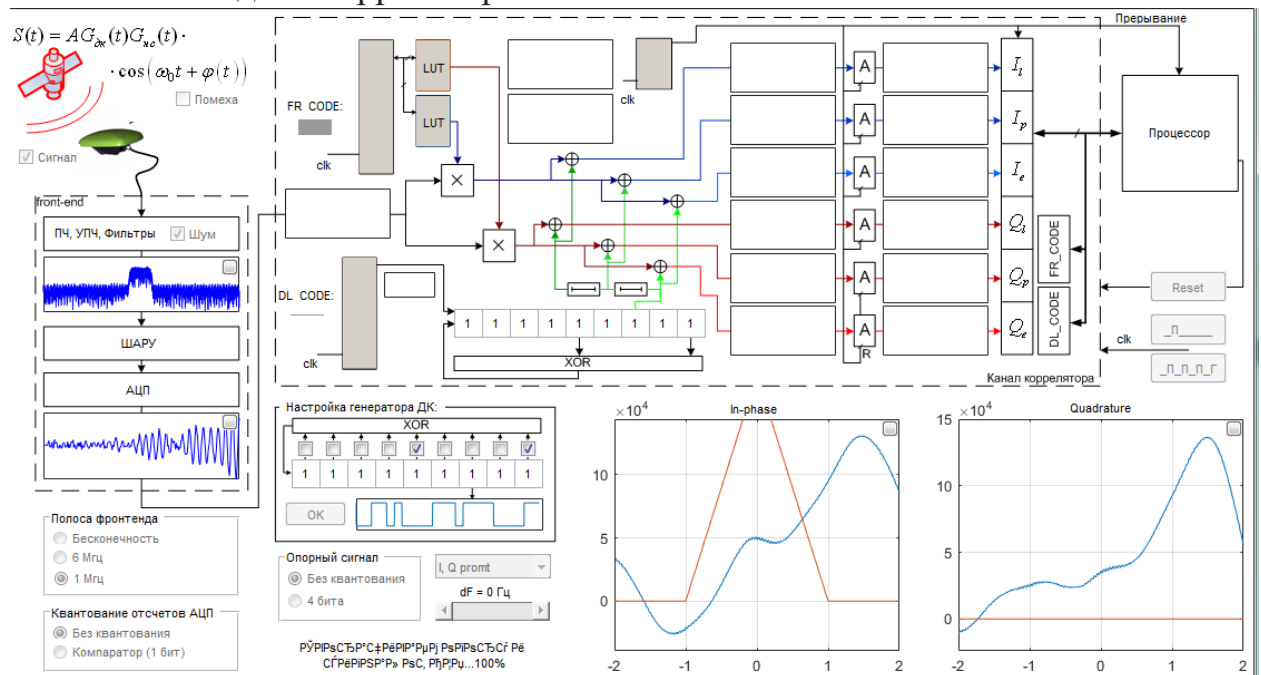


Рисунок 26 – Пошаговая модель коррелятора

Общие выводы: в ходе лабораторной работы были исследованы структуры и свойства функциональных элементов коррелятора, исследованы характеристики процессов, происходящих в корреляторе, а также было изучено ИКД ГЛОНАСС;

Подтвердилось убеждение, что генератор дальномерного кода в данной СРНС является самым простым с точки зрения его структурной и функциональной схем;

В процессе исследования модели коррелятора было выяснено, что в качестве входных сигналов используются наблюдения от АЦП, а в самом канале коррелятора происходит множество операций;

Одна из них была рассмотрена более детально: расчет корреляционных сумм: на них оказывает влияние ширина полосы фронтенда, также, в зависимости от ширины полосы фронтенда изменяются групповое время запаздывания и шумовая составляющая корреляционной функции.